

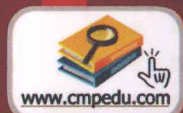
普通高等教育“十二五”规划教材

机械设计基础

杨晓兰 韦志锋 韩贤武 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



赠 电 子 课 件
和 习 题 答 案

普通高等教育“十二五”规划教材

机械设计基础

主 编	杨晓兰	韦志锋	韩贤武
参 编	陈国发	赵爱萍	倪素环
主 审	唐一科		



机械工业出版社

前 言

本书是根据国家教育部有关高等学校本科机械设计基础课程的教学基本要求,并结合高等工科院校应用型人才培养的教学改革实践,主要针对近机类和非机类等相关专业而编写的,着重突出了简明、易学、实用的特点。

本书将机械原理与机械零件的内容进行了优化整合,其中注意了深度适中、简明实用,适应了目前应用型本科教学改革的需要。本书在编写中注意突出应用性和实用性,尽量简化理论推导,简化设计方法,重点强调应用实践。

为了便于学生对机械结构的认识理解,书中采用了立体图与工程图相结合方式的插图,并对部分插图采用了双色印刷,使插图更加形象直观,易学易懂。

为了便于教师教学和学生练习,本书除每章后都留有相应的思考题外,还配有与每章对应的相当数量的练习题(第十三章),可供教师、学生选用。本书采用了最新颁布的国家标准和技术规范。

为适应近机类、非机类本科机械设计基础课程教学改革的需要,尤其是今天信息技术的飞速发展和多媒体技术的普及,很有必要在机械设计基础这门课程的教学中加入新的元素,使其更为生动好学,如三维造型、多媒体等。为此,本教材另配有教学课件与配套练习册,以有利于教师教学,也方便学生复习和练习。

参与本书编写工作的有:杨晓兰(第五章、第六章、第十章)、韦志锋(第四章、第九章)、韩贤武(第三章)、陈国发(绪论、第一章、第二章)、赵爱萍(第七章)、倪素环(第八章、第十一章、第十二章),重庆科技学院韦志锋负责本书部分插图的绘制工作,重庆科技学院杨晓兰和韩贤武负责全书的统稿、定稿工作。全书由杨晓兰、韦志锋、韩贤武担任主编,重庆大学教授唐一科任本书主审,对本书的编写提出了许多宝贵意见和建议,编者在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,殷切希望广大读者在使用本书过程中,对本书的错误和不当之处批评指正。

编 者

目 录

前言	
绪论	1
思考题	3
第一章 平面机构的自由度	4
第一节 运动副及其分类	4
第二节 平面机构运动简图	5
第三节 平面机构自由度的计算	8
思考题	10
第二章 平面连杆机构	11
第一节 铰链四杆机构及其演化	11
第二节 平面四杆机构的基本特性	16
第三节 平面四杆机构的设计	19
思考题	22
第三章 凸轮机构	23
第一节 凸轮机构的应用及类型	23
第二节 从动件一般的运动规律	25
第三节 凸轮机构的压力角	28
第四节 图解法设计凸轮轮廓	29
思考题	32
第四章 间歇运动机构	34
第一节 棘轮机构	34
第二节 槽轮机构	36
第三节 不完全齿轮机构和凸轮式间歇机构简介	37
思考题	38
第五章 联接	39
第一节 螺纹的形成与参数	39
第二节 螺旋副的受力分析	41
第三节 常用螺纹的特点和应用	43
第四节 螺纹联接	45
第五节 螺纹联接的预紧与防松	48
第六节 螺栓联接的强度计算	52
第七节 螺栓的材料和许用应力	55
第八节 提高螺纹联接件强度的措施	56
第九节 螺旋传动	59
第十节 键联接和花键联接	60
第十一节 销联接	66
思考题	66
第六章 带传动和链传动	68
第一节 带传动的类型、特点及应用	68
第二节 带传动的受力分析和应力分析	70
第三节 带传动的弹性滑动和传动比	72
第四节 V带和带轮的结构	73
第五节 普通V带传动的设计	78
第六节 带传动的张紧、安装与维护	84
第七节 链传动的类型及特点	85
第八节 滚子链和链轮	86
第九节 链传动的运动特性及主要参数选择	88
第十节 链传动的设计	91
第十一节 链传动的使用与维护	93
思考题	95
第七章 齿轮传动	97
第一节 齿轮传动的特点和类型	97
第二节 齿廓啮合的基本定律	98
第三节 渐开线齿廓	99
第四节 渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数及尺寸计算	101
第五节 渐开线标准齿轮的啮合传动	103
第六节 渐开线齿轮的切齿原理与根切现象	105
第七节 变位齿轮传动简介	108
第八节 齿轮传动的失效形式及设计准则	110
第九节 齿轮材料及热处理	111
第十节 齿轮传动的精度	114
第十一节 直齿圆柱齿轮传动的作用力及计算载荷	114
第十二节 直齿圆柱齿轮传动的强度计算	116
第十三节 斜齿圆柱齿轮传动	121
第十四节 斜齿圆柱齿轮传动的强度计算	125

第十五节 直齿锥齿轮传动	128	第三节 轴的结构设计	188
第十六节 齿轮传动的润滑	130	第四节 轴的强度计算	196
第十七节 齿轮的构造	132	思考题	202
思考题	133	第十二章 联轴器、离合器和减	
第八章 蜗杆传动	134	速器	203
第一节 蜗杆传动的特点和类型	134	第一节 概述	203
第二节 圆柱蜗杆传动的主要参数和		第二节 联轴器	203
几何尺寸	136	第三节 离合器	212
第三节 蜗杆传动的失效形式和材料	140	第四节 减速器	215
第四节 蜗杆传动的受力分析	141	思考题	217
第五节 圆柱蜗杆传动的效率、润滑和		第十三章 习题册	218
热平衡计算	143	附录	265
思考题	146	附录 A 六角头螺栓和六角头螺栓—全	
第九章 轮系	147	螺纹 (A 级和 B 级)	265
第一节 轮系的类型	147	附录 B 六角头铰制孔用螺栓	
第二节 定轴轮系传动比的计算	148	(A 级和 B 级)	267
第三节 周转轮系传动比的计算	149	附录 C 常用向心轴承的径向基本额定动	
第四节 复合轮系传动比的计算	152	载荷 C_r 和径向额定静载荷 C_{0r}	268
第五节 轮系的功用	153	附录 D 常用角接触球轴承的径向基本额定	
思考题	155	动载荷 C_r 和径向额定静	
第十章 轴承	156	载荷 C_{0r}	268
第一节 滚动轴承	156	附录 E 常用圆锥滚子轴承的径向基本额定	
第二节 滑动轴承	175	动载荷 C_r 和径向额定静	
思考题	184	载荷 C_{0r}	269
第十一章 轴	185	附录 F 标准尺寸	269
第一节 轴的功用和类型	185	参考文献	270
第二节 轴的材料	187		

绪 论

【知识目标】

- 了解本课程研究对象、内容及本课程在教学中的地位。
- 初步了解机械设计的基本要求和一般过程。
- 掌握机器的组成及机构、构件、零部件的准确概念。

【能力目标】

- 对本课程的研究对象及主要内容有一基本了解。
- 能正确描述机械、机器、机构、构件、零件的概念。

人类在长期的生产实践中创造了机器。随着人类社会的不断进步，机器经历了从杠杆、斜面、滑轮等简单机械到起重机、汽车、拖拉机、内燃机、洗衣机及机器人等复杂机器的不断发展过程。在现代生产和日常生活中，机器已成为代替或减轻人类劳动、提高劳动生产率的主要手段。机器的发展程度已成为衡量一个国家工业水平的重要标志之一。

一、基本概念

1. 机器

图 0-1 所示为一台单缸四冲程内燃机，它是由气缸体 1、活塞 2、进气阀 3、排气阀 4、连杆 5、曲轴 6、挺杆 7、凸轮 8、齿轮 9 和 10 等组成。燃气推动活塞作往复移动，经连杆转换为曲轴的连续转动。凸轮和挺杆是用来启闭进气阀和排气阀的。为了保证曲轴每转两周进、排气阀各启闭一次，在曲轴和凸轮轴之间安装了齿数比为 1:2 的齿轮。这样当燃气推动活塞运动时，进、排气阀有规律地启闭，就把燃气燃烧的热能转换为曲轴转动的机械能，从而使内燃机产生动力。

由上述对内燃机的分析可知，机器是执行机械运动的装置，用以代替或减轻人的劳动、提高劳动生产率或满足人们的特定需要。其中，能够将其他形式的能量转换为机械能的机器称为原动机，如电动机、内燃机等；而能够利用机械能来完成有用功，或者能将机械能转变为其他形式能量的机器称为工作机，如轧钢机、起重机、空气压缩机、发电机等。

通过对内燃机的分析可知，机器具有以下共同特征：

- 1) 机器是各个实物的组合体。

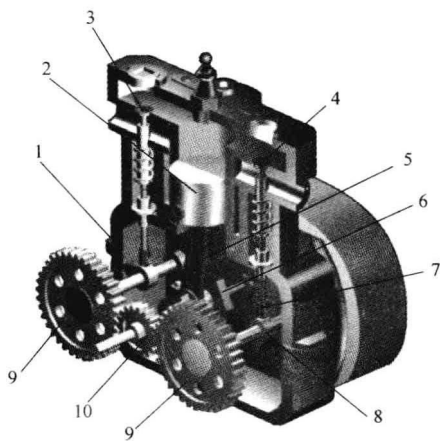


图 0-1 内燃机

- 1—气缸体 2—活塞 3—进气阀
4—排气阀 5—连杆 6—曲轴
7—挺杆 8—凸轮 9、10—齿轮

- 2) 各个实物之间都具有确定的相对运动。
- 3) 机器能代替或减轻人类的劳动去完成有效机械功或能量转换。

从机器实现功能的角度来看,一台完整的机器主要由动力部分、传动部分、控制部分和执行部分等组成。

动力部分是机器的动力源,如电动机、内燃机、液压马达等;传动部分是把动力机的动力和运动传递给执行系统的中间装置,如变速箱、离合器、传动轴等;控制部分是使动力部分、传动部分和执行部分彼此协调运行,并准确、可靠地完成整机功能的装置;执行部分是直接完成机器预期功能的装置。

2. 机构

仅具备机器前两个特征的则称为机构。由图 0-1 可知,内燃机主要由曲柄滑块机构、凸轮机构和齿轮机构等组成。

3. 机械

在工程上,通常将机器和机构统称为机械。

4. 构件和零件

机构中的独立运动单元体称为构件。零件是制造单元。构件可以是一个零件,也可以是由几个零件组成的刚性结构。如图 0-2 所示,连杆由连杆体 1、连杆盖 3、螺栓 2 及螺母 4 共四个零件组成。

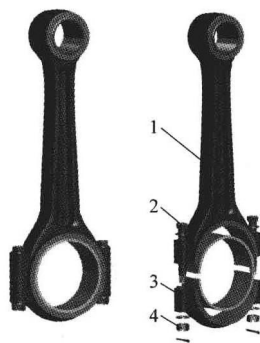


图 0-2 连杆

1—连杆体 2—螺栓
3—连杆盖 4—螺母

二、本课程的研究对象和任务

本课程的研究对象就是机械中的常用机构和通用零件,其任务是研究机械中常用机构和通用零件的工作原理、结构特点、基本的设计理论和计算方法等。

三、机械设计的基本要求

机械设计是指设计实现预期功能的新机械或改进原有机器的性能。

机械设计的基本要求:运动性和动力性、体积和重量、可靠性和寿命、安全性、经济性、环保、产品的造型等。此外还有其他一些要求,如经常拆装的机械要有安装和拆卸方便的要求、在腐蚀环境下工作的机械要有耐腐蚀的要求、在高温条件下工作的机械要有耐高温的要求等。

四、本课程在教学中的地位 and 作用

现代生活已离不开机械,不仅是在机械部门工作的各类人员离不开机械,其他从事石油、冶金、农林业、焊接、铸造、金属材料、环境、工业设计等领域工作的人员,同样也离不开各种机械,即使在日常生活中也是如此。因此,本课程如同机械制图、电工学、计算机等课程一样,是高等学校工科相关专业一门重要的技术基础课。其作用可归纳为:

- 1) 机械设计基础将为相关专业的学生学习专业机械设备课程提供必要的理论基础。
- 2) 机械设计基础将使从事工艺、运行、管理的技术人员,在了解各种机械的传动原理、设备的正确使用、维护及设备的故障分析等方面获得必要的基本知识。

3) 通过本课程的学习和课程设计实践,可以培养学生初步具备运用手册设计简单机械传动装置的能力,为日后从事设计、技术改造和创新工作创造条件。

机械设计基础的先修课程主要有机械制图、金工实习、金属工艺学和工程力学等。除此之外,考虑到许多近代机械设备并非单纯地采用机械传动,各专业的工程技术人员还应当了解液压和气压传动、电力传动和电子技术等相关知识。

思 考 题

0-1 机器、机构分别具有哪些特征?

0-2 零件与构件有什么区别?

第一章 平面机构的自由度

【知识目标】

- 掌握构件自由度概念，掌握运动副及其分类，熟悉构件与运动副的简化符号。
- 熟悉机构运动简图的意义，掌握机构自由度的概念及其意义。

【能力目标】

- 能绘制并识读简单平面机构的运动简图。
- 能计算简单平面机构的自由度。

第一节 运动副及其分类

组成机构的所有构件都在某一平面或相互平行的平面内运动的机构称为平面机构，否则称为空间机构。本章主要讨论平面机构。

一、构件的自由度

当构件未与其他任何构件接触时，其运动是自由的，这类构件称为自由构件。如图 1-1 所示，自由构件 m 可沿 x 轴、 y 轴方向移动和绕任意点转动，该构件共有 3 种独立运动。

构件的独立运动称为构件的自由度。因此一个作平面运动的自由构件有 3 个自由度，一个作空间运动的自由构件有 6 个自由度。

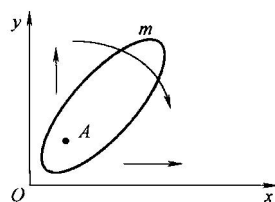


图 1-1 平面自由构件的自由度

二、运动副及其分类

构件间要通过一定的方式联接才能组成机构。两构件间直接接触并能产生一定的相对运动的联接称为运动副。构件间组成运动副后，其某些独立运动就受到约束，自由度便随之减少。两构件间的直接接触形式不外乎点、线、面三种。按接触形式的不同，可将平面机构中的运动副分为低副和高副两类。

1. 低副

两构件通过面接触组成的运动副称为低副，低副约束 2 个自由度。由于是面接触，故构件间的接触应力低、磨损小。低副有转动副和移动副两种。

(1) 转动副 两构件间以圆柱面形式接触，只能产生相对转动的运动副称为转动副，如图 1-2a 所示，又称回转副或铰链。组成回转副的两构件中有一构件固定不动时，该回转副称为固定铰链，否则称为活动铰链。

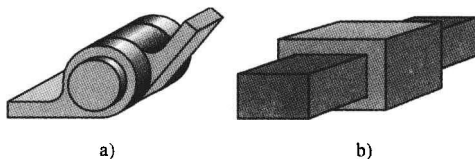


图 1-2 低副
a) 转动副 b) 移动副

(2) 移动副 两构件间只能产生相对移动的运动副，如图 1-2b 所示。

2. 高副

两构件间通过点或线接触组成的运动副称为高副，高副约束一个自由度。高副接触应力大、磨损大。图 1-3 所示的运动副分别是滚动副、凸轮副和齿轮副。

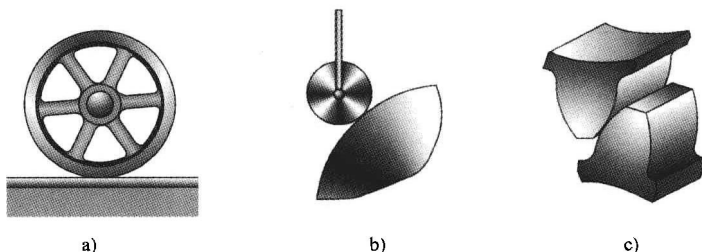


图 1-3 高副

a) 滚动副 b) 凸轮副 c) 齿轮副

此外，图 1-4a 和 b 所示的运动副分别称为螺旋副和球面副，这两种运动副属空间运动副。

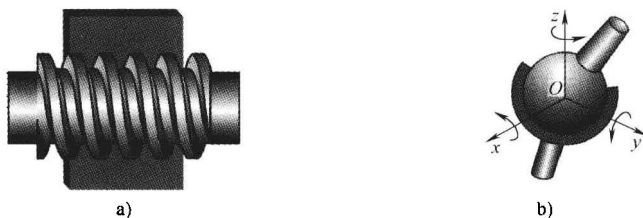


图 1-4 空间运动副

a) 螺旋副 b) 球面副

第二节 平面机构运动简图

在实际的机构中，构件的结构往往较为复杂，但机构中各构件之间的相对运动与构件和运动副的结构形状无关，而仅与原动件的运动规律、运动副的类型、数目及相对位置有关。因此，在工程中，常忽略构件和运动副的结构形状，而用简单的线条和特定符号来表示构件和运动副，并按一定的比例确定各运动副的相对位置。这种用以反映机构的组成及其运动规律的简单图形，称为机构运动简图。

一、运动副和构件的简化画法

1. 转动副的简化画法

正面用圆圈简化表示，如图 1-5a 所示，圆心代表转动中心。侧面画法如图 1-5b 所示。若其中一个构件为机架，则在代表机架的构件上加阴影线。

2. 移动副的简化画法

移动副的导路必须与相对移动方向一致，如图 1-5c 所示。

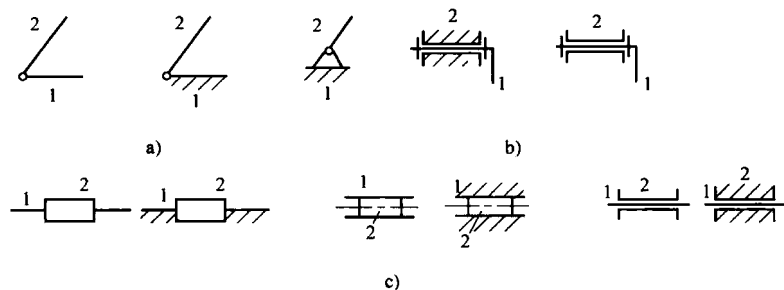


图 1-5 低副的简化画法

a) 转动副正面的简化画法 b) 转动副侧面的简化画法 c) 移动副的简化画法

3. 高副的简化画法

表示高副时, 必须画出接触处的曲线轮廓, 如图 1-6 所示。

4. 构件的简化画法

图 1-7a 所示为由两个转动副组成的构件, 图 1-7b 所示为由一个转动副和一个移动副组成的构件, 图 1-7c 所示为由三个不在同一直线上的转动副组成的构件, 图 1-7d 所示为由三个在同一直线上的转动副组成的构件。

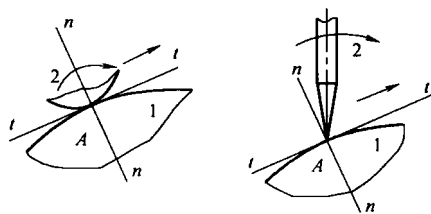


图 1-6 高副的简化画法

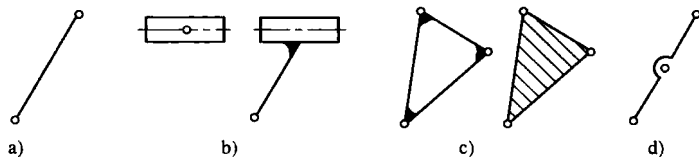


图 1-7 构件的表示方法

二、机构运动简图的绘制

1. 一般机构中的构件可分为三类

(1) 固定件 (机架) 固定件是机构中用来支承活动构件的构件, 其自由度个数为零, 在研究机构中活动构件的运动时, 常用作参考坐标系, 如图 0-1 所示的气缸体。在机构中, 固定件只有一个。

(2) 原动件 原动件是机构中运动规律已知的活动构件。它的运动规律是由外界给定的, 如图 0-1 所示的活塞。机构中的原动件数目至少有一个。

(3) 从动件 从动件是机构中随着原动件运动而运动的其余活动构件, 如图 0-1 所示的连杆和曲轴等都是从动件。

2. 机构运动简图的一般绘制步骤

- 1) 分析机构, 观察相对运动, 确定主动件、从动件与机架。
- 2) 确定所有运动副的类型和数目。

3) 选择合理的投影平面。

4) 确定适当的比例尺。

5) 从原动件开始, 依次定出各运动副的相对位置, 用简单的线条和特定的符号绘制机构运动简图 (注: 原动件要画出表示运动方向的箭头, 机架画出阴影线, 各运动副用大写字母标出, 各构件用阿拉伯数字编号)。

例 1-1 绘制图 0-1 所示内燃机的主机构运动简图。

解 1) 根据机构的运动分析机构的组成。如图 1-8 所示, 内燃机主运动机构由活塞 1、连杆 2、曲轴 3、齿轮 4、齿轮 5 (5')、凸轮 6 (6')、挺杆 7 (7')、机架 8 等构件组成。其中, 活塞 1、连杆 2、曲轴 3 及机架 8 组成曲柄滑块机构, 活塞 1 为主动件; 齿轮 4、齿轮 5 及机架 8 组成齿轮机构, 与曲轴固连的齿轮 4 为运动输入件; 凸轮 6、挺杆 7 与机架 8 组成凸轮机构, 与齿轮 5 固连的凸轮 6 为运动输入件。另一侧机构分析同理。

2) 根据各构件的相对运动确定运动副的种类和数目。由分析知, 其中 A、B、C、D 为转动副; E、F 为移动副; G、H 为高副。

3) 选定适当的比例尺, 根据图 0-1 所示尺寸定出各运动副之间的相对位置, 用构件和运动副的规定符号绘出机构运动简图, 如图 1-8 所示。

最后应将图中的机架画上阴影线, 并在原动件上标注箭头。

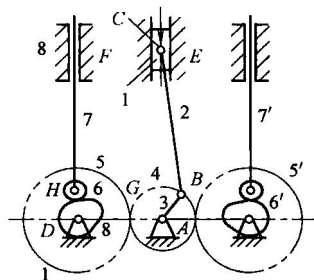


图 1-8 内燃机主机构运动简图

例 1-2 绘制图 1-9a 所示活塞泵的机构运动简图。

解 1) 分析机构的组成。活塞泵由曲柄 1、连杆 2、齿扇 3、齿条活塞 4 和机架 5 等构件组成。曲柄 1 是原动件。

2) 确定运动副的种类及数目。其中, A、B、C、D 为转动副; E 为高副; F 为移动副。

3) 取适当比例尺, 根据图 1-9a 所示尺寸, 用构件和运动副的规定符号绘制机构运动简图, 并在原动件上标注箭头, 如图 1-9b 所示。

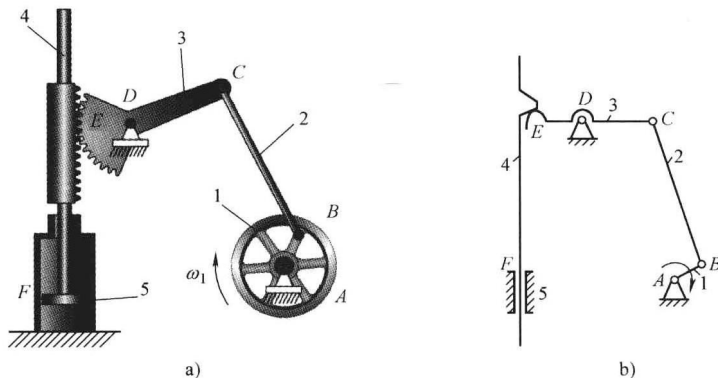


图 1-9 活塞泵及其机构运动简图

a) 机构组成 b) 机构运动简图

第三节 平面机构自由度的计算

一、平面机构的自由度及其计算

平面机构的自由度是指机构相对于机架具有的独立运动。平面机构的自由度与组成该机构的构件数目、运动副的数目和类型有关。由前述可知,一个低副将约束两个自由度,一个高副将约束一个自由度。如果一个平面机构共有 n 个活动构件,在未用运动副联接前,这 n 个活动构件的自由度总数为 $3n$;当用运动副将这些活动构件与机架联接组成机构后,则各活动构件具有的自由度数随之减少。若机构中有 P_L 个低副, P_H 个高副,则机构中全部运动副所引入的约束总数为 $2P_L + P_H$ 。因此,机构活动构件的自由度总数与引入运动副后减少的自由度数之差,就是该机构的自由度,以 F 表示。即

$$F = 3n - 2P_L - P_H \quad (1-1)$$

由上式可知,机构要能运动,它的自由度必须大于零。

机构的自由度表明机构具有的独立运动数目。由前述可知,从动件是不能独立运动的,只有原动件才能独立运动。通常一个原动件具有一个独立运动(如内燃机的活塞具有一个独立的移动)。因此,当机构的自由度为1时,只需要一个原动件就具有确定的运动;当机构的自由度为2时,则需要两个原动件才具有确定的运动。

综上所述,机构具有确定运动的条件是: $F > 0$, 且 F 等于原动件数。

例 1-3 计算图 1-10 中所示各机构的自由度。

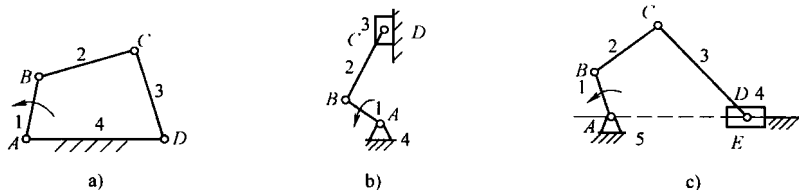


图 1-10 例 1-3 图

解 如图 1-10a 所示,活动构件有 3 个,转动副(低副)有 4 个
自由度为

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 3 - 2 \times 4 - 0 = 1$$

如图 1-10b 所示,活动构件有 3 个,3 个转动副,1 个移动副,即 4 个低副
自由度为

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 3 - 2 \times 4 - 0 = 1$$

如图 1-10c 所示,活动构件有 4 个,4 个转动副,1 个移动副,即 5 个低副
自由度为

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 4 - 2 \times 5 - 0 = 2$$

二、计算机构自由度的注意事项

1. 复合铰链

两个以上的构件同时在一处用转动副相联接就构成复合铰链。如图 1-11a 所示,构件 1 与构件 2、3 组成一个复合铰链,由图 1-11b 所示的侧视图可见,这三个构件组成两个转动

副。依次类推, 由 m 个构件汇交而成的复合铰链, 应具有 $(m-1)$ 个转动副。

2. 局部自由度

与机构运动无关的自由度称为局部自由度, 计算机构自由度时应去掉。如图 1-12a 所示, 构件 3 是滚子, 它能绕 C 点作独立转动, 但不论该滚子转与不转, 不影响从动件 2 的运动, 故滚子绕 C 点的转动自由度属于局部自由度。计算机构自由度时, 可设想将滚子 3 与杆 2 固接在一起, 如图 1-12b 所示。

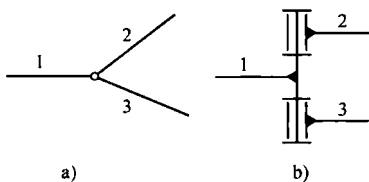


图 1-11 复合铰链

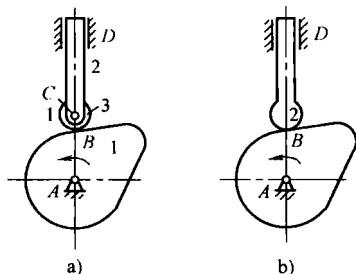


图 1-12 局部自由度

局部自由度虽然不影响整个机构的运动关系, 但可以减少高副处的摩擦和磨损。例如滚子、滚动轴承、滚轮等都是机械中常用的具有局部自由度的构件。

3. 虚约束

在机构中, 有时为了增加构件的刚性或使构件受力均衡, 要引入一些对构件运动起重复影响的约束, 这种约束称为虚约束。计算机构自由度时应去掉虚约束。虚约束通常在如下情况出现:

- 1) 构件上某点轨迹与该点引入约束后的轨迹相同, 如图 1-13 所示的构件 3 上的 E 点。
- 2) 两构件组成多个导路平行的移动副时, 只有一个移动副起作用, 其余都是虚约束, 如图 1-14 所示。去掉右侧虚线框内的约束不影响机构的运动。

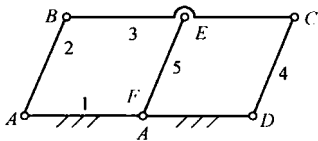


图 1-13 虚约束

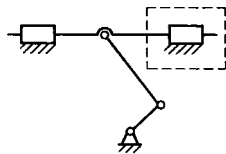


图 1-14 导路平行的移动副

3) 两构件组成多个轴线重合的转动副时, 只有一个转动副起作用, 其余都是虚约束。如图 1-15 所示, 去掉右侧虚线框内的约束不影响机构的运动。

4) 在机构运动时, 两构件上的两动点间的距离保持不变, 两点以构件铰接, 如图 1-16 所示, 构件 5 在点 E 、 F 处的铰接为虚约束, 计算机构自由度时应去掉。

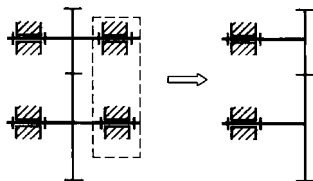


图 1-15 轴线重合的转动副

5) 机构中对传递运动不起独立作用的对称部分, 如图 1-17 所示的轮系中, 太阳轮 1 经过两个对称布置小齿轮 2 和 2' 驱动内啮合齿轮 3, 其中有一个小齿轮对传递运动不起独立作用, 因此是虚约束。

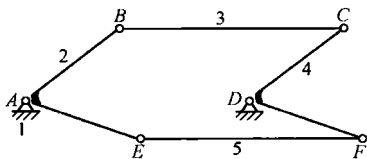


图 1-16 两动点间的距离保持不变

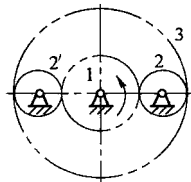


图 1-17 不起独立作用的对称部分

例 1-4 计算图 1-18 所示机构的自由度, 并判断该机构是否具有确定的运动。

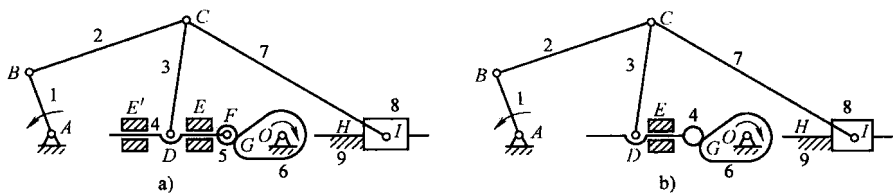


图 1-18 大筛机构

解 E (或 E') 为虚约束, 滚子与构件 6 之间的转动副 F 为局部自由度, C 处为复合铰链。因此机构实有活动构件数 7 个, 低副数 9 个, 高副数 1 个, 且有两个原动件

自由度为

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 7 - 2 \times 9 - 1 = 2$$

由此可知, $F = 2 > 0$, 原动件数等于 2, 故 F 等于原动件数, 该机构具有确定的运动。

思考题

- 1-1 什么叫运动副? 高副与低副的本质区别是什么?
- 1-2 平面机构具有确定运动的条件是什么?
- 1-3 计算机构自由度时需要注意哪几个问题? 应如何处理?
- 1-4 机构在什么情况下会出现虚约束?
- 1-5 绘制机构运动简图的作用是什么?

第二章 平面连杆机构

【知识目标】

- 了解铰链四杆机构的基本形式，熟悉曲柄滑块机构、摆动导杆机构等四杆机构的主要演化形式，并了解四杆机构的其他演化形式。
- 掌握四杆机构的曲柄存在条件、急回特性、传力特性等基本特性。
- 掌握至少两种图解法设计四杆机构的方法。

【能力目标】

- 能识别平面四杆机构的基本类型。
- 能对一般平面四杆机构的基本特性进行分析。
- 能用作图法设计简单常用四杆机构的运动简图。

机构中的全部构件用低副（转动副、移动副）联接而成的平面机构称为平面连杆机构，平面连杆机构又称低副机构，其构件大多呈杆状。

平面连杆机构广泛应用于内燃机、火车轮、机械手爪、窗户支撑、公共汽车开关门、折叠伞、折叠床、自行车制动操作机构等方面。它在机械中用以传递动力和改变运动形式。

第一节 铰链四杆机构及其演化

最简单的平面连杆机构由四个构件组成，运动副皆为铰链，简称铰链四杆机构，如图 2-1 所示。通过改变铰链四杆机构中各杆长度或更换固定件，可以得到一些其他形式的平面四杆机构。

一、铰链四杆机构及其基本类型

如图 2-1 所示的铰链四杆机构，机构中固定不动的构件 AD 称为机架；与机架相连的构件 AB 和 DC 称为连架杆；与两连架杆相连的构件 BC 称为连杆。如果连架杆能作整周转动，称为曲柄；如果连架杆仅能在小于 360° 的某角度内往复摆动，则称为摇杆。根据连架杆运动形式的不同，铰链四杆机构可分为曲柄摇杆机构、双曲柄机构和双摇杆机构三种基本类型。

1. 曲柄摇杆机构

铰链四杆机构中，两个连架杆一个为曲柄，另一个为摇杆，这样的机构称为曲柄摇杆机构。在曲柄摇杆机构中，当曲柄为原动件时，可将曲柄的连续转动转变为摇杆的往复摆动，如图 2-2 所示的雷达天线仰俯角调整机构；当摇杆为原动件时，可将摇杆的往复摆动转变为曲柄的连续转动，如图 2-3 所示的缝纫机踏板机构。图 2-4 所示为脚踏砂轮机构，也是一个以摇杆为主动件的曲柄摇杆机构。

2. 双曲柄机构

两连架杆均为曲柄的铰链四杆机构称为双曲柄机构。通常原动曲柄作匀速转动，从动曲

柄作变速转动, 如图 2-5 所示的惯性筛。

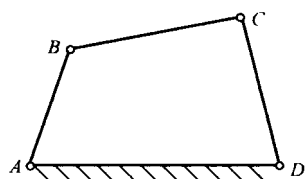


图 2-1 铰链四杆机构

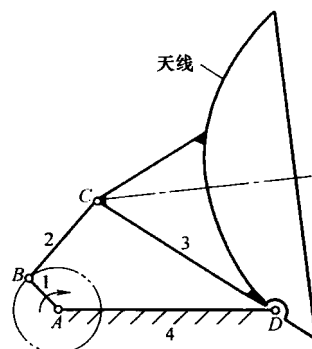


图 2-2 雷达天线仰俯角调整机构

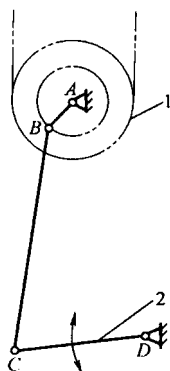


图 2-3 缝纫机踏板机构

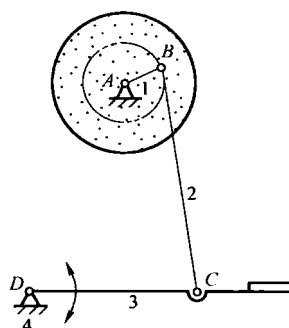


图 2-4 脚踏砂轮机机构

若双曲柄机构的相对两杆相互平行, 则成为平行双曲柄机构 (或平行四边形机构), 如图 2-6 所示。平行四边形机构的两曲柄长度相等, 转向相同, 连杆作平动。图 2-7a 所示的摄影平台、图 2-7b 所示的天平、图 2-7c 所示的机车车轮联动机构为平行双曲柄机构的应用实例。

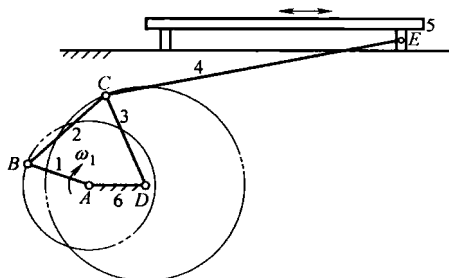


图 2-5 惯性筛

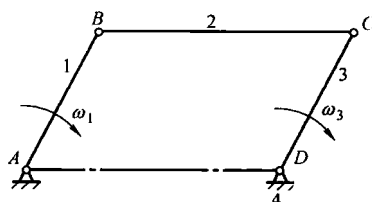


图 2-6 平行双曲柄机构